电气自动化控制中电气自动化制约技术探讨

叶伟茂

广东天汇综合能源服务有限公司 广东 湛江 524000

摘要: 电气自动化制约技术是保障电气自动化控制系统稳定运行的核心手段。本文阐述控制理论基础,剖析信号采集、控制算法、执行机构及人机交互等核心模块,探讨硬件、软件及系统集成层面的制约技术,提出智能化、网络化、绿色化优化方向。通过理论融合与实践创新,提升系统可靠性、抗干扰能力与运行效率,为电气自动化领域的技术升级提供理论支撑与实践参考。

关键词: 电气自动化; 制约技术; 控制理论; 系统集成; 智能化优化

引言

电气自动化控制作为现代工业的基石,其稳定性与效率直接影响生产安全与经济效益。制约技术通过硬件冗余、软件容错及系统协同设计,有效应对复杂环境中的干扰与不确定性。随着控制理论、人工智能及工业互联网的发展,制约技术正从单一功能向智能化、网络化方向演进。本文从基础理论、核心模块、实现方法及优化方向展开探讨,揭示制约技术在电气自动化中的关键作用与发展趋势。

1 电气自动化制约技术的基础理论

1.1 控制理论概述

控制理论为电气自动化制约技术提供核心支撑,不同阶段的理论体系形成多样化实现路径。经典控制理论聚焦单输入单输出系统,PID控制通过比例、积分、微分环节组合调整系统偏差,比例环节响应偏差,积分环节消除稳态误差,微分环节抑制偏差变化趋势^[1]。频域分析将系统特性转入频率域研究,通过分析对不同频率信号的响应,判断稳定性和动态性能,为控制器参数设计提供依据。现代控制理论突破经典理论局限,适用于多变量、非线性系统。状态空间方法用状态方程描述系统动态行为,全面反映内部状态变化,便于实现复杂系统精准控制。最优控制构建性能指标函数,在约束条件下寻求最优策略,使系统性能达预设目标,适用于控制精度要求较高的场景。智能控制理论融合人工智能技术,能处理复杂不确定性问题。模糊控制基于模糊逻辑规则,将人类经验转化为控制策略,无需精确数学模型即可控制非线性、时变系统。神经网络模拟生物神经系统结构功能,通过神经元互联和训练,自主学习输入输出关系,自适应处理系统中的不确定性和干扰。

1.2 制约技术的设计原则

制约技术设计需遵循系列原则保障系统可靠运行。稳定性优先是首要准则,系统受外部扰动或参数变化时,

应保持平衡状态或恢复设定状态,避免发散或持续震荡。缺乏稳定性可能引发设备故障甚至安全事故,设计阶段需通过理论分析和仿真验证确保稳定裕度。动态响应与静态精度平衡要求兼顾系统快速性和准确性。动态响应过快可能导致超调量大、震荡剧烈,过慢则无法及时跟踪指令。静态精度不足会使系统长期存在稳态误差,影响控制效果。设计时需通过参数调整和结构优化,使系统动态过程平稳,稳态时保持较高精度。抗干扰能力与容错性设计是提升鲁棒性的关键。电气自动化环境中存在电磁辐射、电源波动等干扰,抗干扰设计需采用滤波、屏蔽等措施减少影响,确保信号传输处理准确。容错性设计通过冗余配置和故障诊断机制,使系统在部分组件失效时维持基本功能,避免单点故障导致整体瘫痪,延长有效运行时间。

2 电气自动化制约技术的核心模块

2.1 信号采集与处理模块

传感器技术是信号采集的基础,不同类型的传感器适用于不同的监测场景。温度传感器用于捕捉设备运行中的温度变化,压力传感器监测流体或气体的压力状态,位移传感器则跟踪机械部件的位置移动。传感器的精度直接影响采集数据的准确性,精度不足会导致后续分析出现偏差;响应速度则决定了对瞬态信号的捕捉能力,响应迟缓可能错过关键的状态变化。信号滤波与噪声抑制方法是提升信号质量的关键。电气环境中存在的电磁干扰会使原始信号混入噪声,低通滤波可滤除高频干扰,高通滤波能隔离低频噪声,带通滤波则保留特定频率范围内的有效信号。通过接地处理和屏蔽设计减少外部干扰源的影响,确保信号在传输过程中保持稳定,为后续处理提供可靠依据^[2]。多源数据融合技术通过整合不同传感器的信息,形成对系统状态的全面认知。单一传感器的数据可能受限于测量范围或环境影响,存在片面性。融合技术将温度、压力、位移等多维度数据进行关联分

析,剔除矛盾信息,强化一致特征,从而更准确地反映系统的真实运行状态,为控制决策提供更全面的依据。

2.2 控制算法模块

开环与闭环控制策略各有适用场景。开环控制根据预设的指令直接驱动执行机构,无需反馈信息,结构简单但抗干扰能力弱,适用于环境稳定、精度要求不高的场合。闭环控制则通过实时采集输出信号与设定值进行比较,根据偏差调整控制量,能有效抵消干扰影响,控制精度更高,在复杂动态系统中应用广泛。自适应控制算法可应对系统参数的变化。参数自整定算法能根据运行状态自动调整控制器参数,避免人工调试的繁琐,适应负载或环境的波动;模型自适应算法则通过在线修正系统模型,使控制策略始终与实际系统特性匹配,确保在系统特性发生缓慢变化时仍能保持良好的控制效果。预测控制与优化算法通过预测系统未来的状态实现前瞻性控制。预测控制基于系统模型预测未来一段时间的输出,结合约束条件滚动优化控制量,能有效处理多变量和约束问题。优化算法则通过构建目标函数,在满足各项限制条件的前提下,寻求使系统性能达到最优的控制方案,提升运行效率和资源利用率。

2.3 执行机构模块

电动执行器与气动执行器在特性上存在差异。电动执行器由电机驱动,控制精度高,响应速度快,适合需要精确调节的场合,但运行时可能受电源波动影响。气动执行器以压缩空气为动力,结构简单,维护方便,抗干扰能力强,适用于易燃易爆环境,但控制精度相对较低,响应速度受气源压力影响。执行机构的精度与可靠性保障需要多方面设计。精度保障通过选用高精度的传动部件,如滚珠丝杠、谐波减速器,减少机械传动中的间隙和摩擦;可靠性则依赖于优质的材料和合理的结构设计,避免因磨损或疲劳导致的故障。定期的维护保养也能延长执行机构的使用寿命,确保其长期稳定运行。执行机构与控制系统的匹配设计需考虑两者的特性协调。控制系统的输出信号类型需与执行机构的输入要求一致,避免信号转换过程中产生误差。执行机构的负载能力、响应速度需与控制系统的动态性能相匹配,若执行机构响应过慢,会导致控制系统出现滞后,影响整体控制效果。

2.4 人机交互与监控模块

操作界面设计注重直观性和易用性。界面布局应清晰明了,关键参数和控制按钮位置突出,便于操作人员快速识别和操作。采用图形化展示方式,用图表和动画替代复杂的文字描述,降低理解难度,使操作人员能迅速掌握系统状态并进行相应操作。实时监控与故障诊断功能是保障系统安全运行的重要环节。实时监控通过持续采集和显示系统的运行参数,让操作人员及时了解设

备状态;故障诊断功能则通过分析异常数据,判断故障类型和位置,并发出提示信息,帮助操作人员快速定位问题并采取应对措施,减少故障停机时间。远程控制与数据传输技术拓展了监控的范围。通过网络通信将现场数据传输至远程监控中心,实现对分散设备的集中管理。远程控制功能允许操作人员在异地调整设备参数或启停设备,提高管理效率。数据传输过程中需保证信息的安全性和完整性,防止数据丢失或被篡改,确保远程操作的可靠性。

3 电气自动化制约技术的关键实现方法

3.1 硬件层面的制约技术

硬件层面的制约技术通过物理结构优化保障系统稳定运行。冗余设计从关键环节入手,电源冗余采用多组电源并联,一组电源故障时其余电源自动切换投入运行,避免因供电中断导致系统瘫痪。通信冗余设置多条独立通信路径,主路径故障后备用路径立即启用,维持数据传输连续性^[1]。硬件隔离与抗干扰措施聚焦电磁兼容性设计,通过接地设计减少不同电路间的干扰耦合,屏蔽层包裹敏感电路阻挡外部电磁辐射。滤波电路抑制电源和信号线上的噪声,确保电路工作在稳定的电磁环境中。高可靠性元器件选型需考虑工作温度范围和机械应力耐受能力,测试环节模拟极端环境验证元器件性能,筛选出符合长期运行要求的部件。

3.2 软件层面的制约技术

软件层面的制约技术通过程序设计提升系统韧性。实时操作系统的应用确保任务按优先级调度,关键控制任务获得优先执行权,优先级划分细致且调度算法高效,满足时间约束要求。系统资源分配根据任务紧急程度动态调整,资源分配策略灵活,避免资源竞争导致的响应延迟。软件容错与自恢复机制在程序运行出错时启动,通过多层次错误检测识别异常状态,覆盖代码执行与数据处理各环节,自动调用备用程序模块替代故障模块。数据校验功能检查存储和传输过程中的数据完整性,校验方式多样,发现错误时触发重传或恢复机制。程序逻辑优化简化控制流程,去除冗余运算步骤,代码结构清晰,提升代码执行效率,减少运行过程中的资源占用和延迟。

3.3 系统集成层面的制约技术

系统集成层面的制约技术注重整体协同与架构合理性。模块化设计将系统划分为独立功能模块,每个模块完成特定任务且接口标准化,模块故障时可单独更换,降低维护难度。模块间通过标准化协议通信,便于功能扩展和升级。系统级联与协同控制策略协调多个子系统工作,主系统根据整体目标向子系统分配任务,子系统反馈执行状态,形成闭环控制。协同机制确保子系统动

作同步，避免因时序错乱导致的系统冲突。分布式控制系统的架构设计将控制功能分散到多个节点，节点间通过网络协同工作，单个节点故障不影响整体运行，提升系统的可靠性和扩展性。系统集成中需注重各层面参数的匹配度，硬件响应速度与软件处理效率需相互适配，确保指令执行与状态反馈的时序衔接精准，进一步强化系统整体的稳定性与制约效果。

4 电气自动化制约技术的优化方向

4.1 智能化优化

智能化优化推动制约技术向自主决策演进，人工智能技术的融入重构传统控制模式。机器学习算法通过分析历史运行数据，识别系统状态变化规律，建立预测模型提前感知异常趋势。系统可根据设备特性和运行环境，自动调整控制参数，适应复杂多变的工况^[4]。自主决策能力体现在无需人工干预即可应对常规故障，通过预设逻辑与实时数据结合，生成最优处理方案。自适应调整功能持续优化控制策略，设备老化或负载变化时，系统性能仍能保持稳定，减少对人工调试的依赖。智能诊断模块可深度解析多维度数据，区分相似故障特征，提高故障定位准确性。动态学习机制让系统在长期运行中不断积累经验，完善控制逻辑，应对此前未出现过的复杂工况。

4.2 网络化优化

网络化优化打破传统控制的空间限制，工业互联网与物联网技术的融合构建全域互联体系。设备与控制系统通过网络无缝连接，实时交换状态信息与控制指令，形成覆盖广泛的监测与控制网络。远程监控功能实现对分散设备的集中管理，操作人员可在远程终端查看运行数据，掌握系统整体状态。云控制平台整合海量数据资源，通过集中运算能力处理复杂控制任务，向终端设备分发精准控制指令。网络架构设计注重数据传输的实时性与安全性，确保控制指令高效传递且不被篡改。边缘节点与云端协同工作，边缘节点处理实时性要求高的本地控制任务，云端负责全局优化与长期数据分析，平衡

响应速度与运算能力。网络自愈机制可自动检测并修复连接故障，通过路径重选维持通信连续性。

4.3 绿色化优化

绿色化优化聚焦能源高效利用与环境友好，能源效率提升通过优化控制逻辑实现，根据负载需求动态调节设备输出功率，避免无效能耗。节能设计贯穿系统全生命周期，从电路设计到运行策略均以降低能量损耗为目标，减少能源浪费。环保材料的应用降低设备对环境的影响，外壳与结构件采用可回收材料，减少废弃物产生。低功耗技术适配各类元器件，传感器与控制模块在保证性能的前提下降低能耗，延长设备续航时间，适应无外接电源的应用场景。动态休眠机制让闲置模块自动进入低功耗状态，任务唤醒时快速恢复运行，在不影响功能的前提下减少能量消耗。散热设计优化提升散热效率，降低冷却系统能耗，形成整体节能闭环。能源管理系统统筹设备能耗分配，根据工况优先级动态调整功率输出，进一步减少能源冗余消耗。

结束语

电气自动化制约技术作为电气自动化控制的关键支撑，在保障系统稳定、提升控制精度等方面发挥着不可替代的作用。通过对其基础理论、核心模块、实现方法及优化方向的全面探讨，明确了该技术的发展脉络与趋势。未来，随着智能化、网络化、绿色化技术的不断融合，电气自动化制约技术将迎来新的发展机遇，为工业生产智能化转型和可持续发展提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 姚宪硕. 自动化控制中电气自动化制约技术[J]. 市场周刊·理论版, 2024(58):0198-0198.
- [2] 金丽娜. 电气自动化控制中人工智能技术的实践应用研究[J]. 科技资讯, 2023, 21(13):51-54.
- [3] 赵军芳, 季加强. 谈谈自动化控制中电气自动化制约技术[J]. 科技与企业, 2023, (21):107.
- [4] 顾雄, 张婷. 浅谈人工智能技术在化工装置电气自动化控制中的应用[J]. 天津化工, 2023, 37(04):149-152.